

地盤固化による低コストな液状化対策技術の中大規模地震に対する解析的評価

鹿島建設(株) 正会員 ○京川裕之, 大谷芳輝, 鎗田哲也, 田口勝則, 石井健嗣, 山田岳峰
 ケミカルグラウト(株) 正会員 鎌田 敏幸, 北山 真
 リテックエンジニアリング(株) 澤田叔宏

1. はじめに

既設岸壁や護岸ならびにその背面地盤に立地する重要施設を対象とした液状化対策工を検討する場合, その対策効果を適切に評価し, 種々の地震動に対して対策工ならびに対策範囲を合理的に設定・設計することが必要となる. さらに, 各種対策工を組み合わせた場合なども評価することができれば, より合理性ならび経済性を高めることができる. このような対策工の効果を検討する手段として, 実スケールを想定した動的遠心模型実験, 地盤や構造物の変形挙動を精緻にシミュレートする数値解析が有効である. 本稿では, 別途実施された地盤固化工法を利用した液状化対策工を対象とした遠心模型実験¹⁾を動的有効応力 FEM 解析でシミュレートし, 数値解析の精度ならびに各種対策工の効果を検証する. 加えて, 種々の地震動に対して対策工効果を一律に評価するため, 地震動の速度 PSI 値により解析結果を整理し, 対策工効果の特徴について検討する.

2. 遠心模型実験シミュレーションの概要

2次元液状化解析プログラム FLIP²⁾を用いて, 各種対策工 (Case1: 無対策, Case2: 低置換格子状固化, Case3: 側方流動抑制壁) を想定した遠心模型実験¹⁾の解析を実施する. 既報³⁾で中規模地震 (東京湾岸で想定されるレベル1地震動, 最大加速度 1.02[m/s²], 継続時間 180[sec.]) を対象にした検討結果を報告しており, 解析モデルの概要と物性値は既報にゆずる. ただし, 本稿で報告する大規模地震 (南海トラフ地震を想定したレベル2地震動, 最大加速度 3.26[m/s²], 継続時間 140[sec.]) を対象とする場合には, 護岸変形が大きくなることから, 矢板の材料非線形性を考慮する必要がある. そのため, 別途実施した矢板材料の曲げ試験から矢板剛性の非線形性を見直し, 中規模地震動についても再解析を実施した. また, 液状化特性以外の動的力学変形パラメータ (非液状化時) に関しては, 要素試験ならびに小規模地震を対象とした境界値問題から, その設定値の妥当性を検証している³⁾. 図-1に対策工周辺のモデル化図をまとめる. 地盤固化改良体は粘着力を考慮したマルチスプリングモデルでモデル化し, 杭等構造物と周辺地盤の境界面にはジョイント要素を配置する.

3. シミュレーション結果と考察

表-1に中大規模地震を想定した遠心模型実験結果と解析結果の加振終了時の概況をまとめる. 矢板天端の水平変位を見ると, 解析値は, 無対策で L1: 1.3m (実験の 1.04 倍) と L2: 2.45m, 低置換格子状固化で L1: 0.14m (実験の 0.7 倍) と L2: 0.44m, 側方流動抑制壁で L1: 0.81m (実験の 1.35 倍) と L2: 1.47m (実験の 0.87 倍) であり, 対策工によって護岸変位が抑制される実験結果と整合する. また, 材料境界面のジョイントや矢板剛性の非線形性を考慮することにより, 構造物周りの地盤挙動や矢板の変形モードも実験値を概ね捉えていることが分かる.

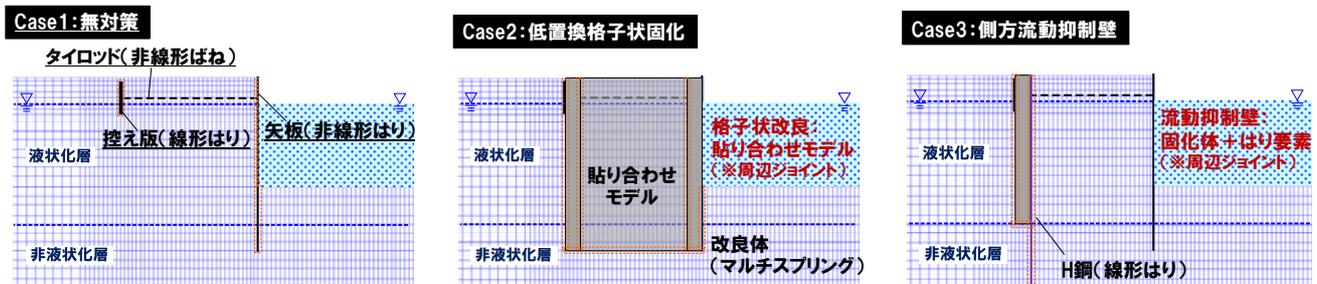


図-1 液状化対策工のモデル化

キーワード 岸壁 護岸 液状化対策 格子状固化 側方流動抑制壁

連絡先 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株) 土木設計本部解析技術部 TEL 03-6229-6666

表-1 加振終了時の概況 (上段:遠心模型実験、下段:解析)

| 中規模地震 (最大加速度 1.02[m/s ²]、継続時間 180[sec.]) | | |
|--|-----------------|----------------|
| Case1: 無対策 | Case2: 低置換格子状固化 | Case3: 側方流動抑制壁 |
| | | |
| | | |
| 大規模地震 (最大加速度 3.26[m/s ²]、継続時間 140[sec.]) | | |
| | | |
| | | |

図-2 に速度 PSI 値 (速度波形の二乗積分値の平方根) と護岸矢板変位を各対策ケースについてまとめる。解析では実験で使用した中大規模地震以外の地震動での結果も示す。速度 PSI 値=66 cm/s^{0.5}の地震波では、対象地盤の固有周波数である 3-4Hz での加速度振幅が小さいために護岸変位は小さくなるが、全体的には PSI 値が大きくなるにつれて護岸変位は大きくなる。ただし、速度 PSI 値 = 70 cm/s^{0.5} 付近で段になるように、どのケースにおいても矢板変位は速度 PSI 値に対して非線形的に増加しており、今回の低置換格子状固化、側方流動抑制壁の対策工では、無対策での護岸変位の変遷の傾向はそのままに、その変位量を減少させる効果がある。このように設定地震波と護岸変位等の評価パラメータの変遷を把握することにより、対策工をより合理的に選定・設計することができると考える。

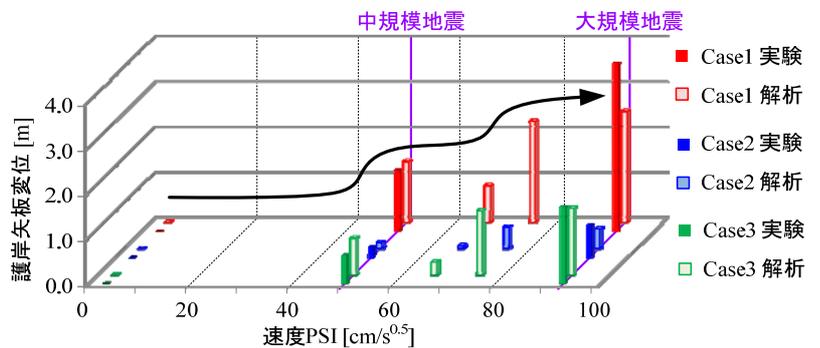


図-2 速度 PSI 値と護岸矢板変位の関係

4. おわりに

レベル 1, 2 地震動に相当する中大規模地震が作用する既設の鋼矢板岸壁を対象に、液状化対策工 (低置換格子状固化, 地盤固化を利用した側方流動抑制壁) の遠心模型実験のシミュレーションを実施した。その結果、矢板天端変位等、実験結果を概ね再現できた。また、今回検討した対策工では、規模が異なる種々の地震によって生じる護岸変位の傾向はそのままに、その絶対量を抑制する効果があることが分かった。

参考文献 1) 石井ら, 岸壁・護岸を対象とした地盤固化による低コスト液状化対策技術の遠心模型実験, 第 70 回土木学会年次学術講演会、2) Iai, S. et al., Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of the Port and Harbor Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56、3) 京川ら, 岸壁・護岸を対象とした地盤固化による低コスト液状化対策技術の解析的評価, 第 70 回土木学会年次学術講演会、4) 京川ら, 動的微小変形特性に基づく護岸液状化対策の解析的評価に関する検討, 第 51 回地盤工学研究発表会